

⑫ 公開特許公報(A) 平4-86958

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)3月19日

G 06 F 15/62
A 63 B 69/36
G 01 B 11/00
11/24
G 09 B 19/00

4 1 5
5 4 1 W
1 0 1 H
D

8419-5L
7040-2C
7625-2F
9108-2F
8603-2C

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全9頁)

⑮ 発明の名称 三次元特徴点座標抽出方法

⑯ 特 願 平2-201195

⑰ 出 願 平2(1990)7月31日

⑱ 発 明 者 福 田 和 彦

東京都日野市富士町1番地 富士ファコム制御株式会社内

⑲ 出 願 人 富士ファコム制御株式
会社

東京都日野市富士町1番地

⑳ 出 願 人 富士電機株式 会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

㉑ 代 理 人 弁理士 松 崎 清

明 細 書

1. 発明の名称

三次元特徴点座標抽出方法

2. 特許請求の範囲

1) 複数の特徴点にそれぞれマーカーが予め付与された対象物を複数の方向から撮像する撮像手段と、撮像のタイミングを検知するタイミングセンサと、対象物を照明する照明手段とにより、前記対象物の挙動を連続したフレームで一定期間撮像したのち、処理手段にて各フレーム毎に対象物の二次元特徴点座標を抽出し、これを標準のモデルパターンを用いて計測した特徴点と照合してフレーム間で対応する特徴点を時系列に連結したのち、前記二次元特徴点座標を標準の三次元格子状モデルを用いて三次元空間座標に変換することを特徴とする三次元特徴点座標抽出方法。

2) 複数の特徴点にそれぞれマーカーが予め付与された対象物を複数の方向から撮像する複数の撮像手段と、各撮像手段の撮像タイミングを検知するタイミングセンサと、対象物を照明する照明

手段とにより、前記対象物の挙動を各撮像手段で互いに同期をとって連続したフレームで一定期間撮像したのち、処理手段にて各フレーム毎に対象物の二次元特徴点座標を抽出し、これを標準のモデルパターンを用いて計測した特徴点と照合してフレーム間で対応する特徴点を時系列に連結したのち、前記二次元特徴点座標を標準の三次元格子状モデルを用いて三次元空間座標に変換することを特徴とする三次元特徴点座標抽出方法。

3) 前記方向別の二次元特徴点座標として検出出来ない不可視特徴点の座標を、前記モデルパターンとの照合により補間することを特徴とする請求項1) または2) に記載の三次元特徴点座標抽出方法。

4) 前記マーカーを近赤外光成分で反射する近赤外光反射テープで構成することを特徴とする請求項1) または2) に記載の三次元特徴点座標抽出方法。

5) 前記マーカーをカラーマーカーとし背景の色とは色相が反対方向にある色で形成することを

特徴とする請求項1)または2)に記載の三次元特徴点座標抽出方法。

6) 前記マーカーは点状または線状とすることを特徴とする請求項1)または2)に記載の三次元特徴点座標抽出方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、スポーツをする人の動作(舉動ともいう)などをI T V (工業用テレビジョン)カメラ等のセンサにより撮像し、対象物の動作軌跡を解析、表示するための三次元特徴点座標抽出方法に関する。

(従来の技術)

従来、運動生理学やスポーツ理論の発展により、スポーツにおける人間の動作をビデオカメラ等により動作解析し、スポーツ能力の向上を図る試みがなされている。

この種の解析システムには、次のようなものがある。

①. ビデオテープの動画再生(スロー再生などを

含む)。

②. ビデオ画面分割による模範動作との比較。

③. 各コマ単位の画面分割表示による動作の時系列的解析。なお、コマとは一連の動画の各フレーム画像の1つ1つを云う。

以上は、単なるビデオテープの制御に過ぎないものであり、通常はコンピュータが介在していない。これに対し、コンピュータが介在するものとしては、次のようなものがある。

④. 予め作成した理想的なスウィングパターンをコンピュータに入力しておき、実際に撮像した対象(練習)フォームの画像を基準位置で合わせた後、グラフィック画面にスーパーインポーズ表示する。

⑤. ビデオテープに格納した一連の動作を各コマ単位で静止画像表示し、各コマの画像における動作上の特徴点をマニュアルで画面入力し、各コマ画像の特徴点群を時系列に連結し、各特徴点列の軌跡をC R T上にグラフィック表示する。

これらの特徴点の集合は、従来、運動生理学で

はいわゆる「スティックピクチャ」と呼ばれているものであり、スポーツの科学的解析やトレーニングまたはリハビリテーションなどに用いられている。

(発明が解決しようとする課題)

上記①～⑤の例では、運動動作における「動き」の解析を全て人間の判断に委ねているため、動作の空間的ずれや時間的なタイミングずれなどが捉え難いという問題がある。また、上記⑤の例では動作を客観的に捉えられるものの、特徴点列の入力を全てマニュアルで行なうため、スティックピクチャ画像の作成に莫大の時間が掛かって実用性に乏しく、その結果、ごく一部の研究用として用いられているに過ぎない。

したがって、この発明の課題は動画の処理を迅速かつ正確に申し得るようにすることにある。

(課題を解決するための手段)

複数の特徴点にそれぞれマーカーが予め付与された対象物を複数の方向から撮像する1つまたは複数の撮像手段と、撮像のタイミングを検知する

タイミングセンサと、対象物を照明する照明手段とにより、前記対象物の挙動を連続したフレームで一定期間撮像したのち、処理手段にて各フレーム毎に対象物の二次元特徴点座標を抽出し、これを標準のモデルパターンを用いて計測した特徴点と照合してフレーム間で対応する特徴点を時系列に連結したのち、前記二次元特徴点座標を標準の三次元格子状モデルを用いて三次元空間座標に変換する。

(作用)

対象物の挙動を1つまたは複数のテレビカメラで複数方向から撮像した動画を各コマ単位でコンピュータに入力し、各コマの画像における特徴点群を抽出し、標準の動作モデルを用いて隠れた点を複数のカメラ画像を用いて補間し、抽出した特徴点群を三次元格子状モデルを用いて時系列に連結し、三次元空間座標系に変換することにより、その結果をグラフィック表示したり、さらには原画像との重ね合わせや各特徴点群の位置、重心、移動方向などを高速かつ正確に計測できるように

する。

〔実施例〕

第1図はこの発明の実施例を示す概要図で、ゴルフスウィングの動作解析に適用した例である。なお、これ以外のスポーツ（テニス、野球など）のフォーム解析にも適用可能である。

同図において、1はVTRシステム、2は画像処理用コンピュータ、3は表示ディスプレイ、4はテレビカメラ、5は照明器、6はタイミングセンサ、7A、7Bはストロボ、8はゴルフボール、9はゴルフクラブ、10は赤外反射テープをそれぞれ示す。

これは、人間を含む対象物の各特徴点に例えば近赤外光を反射するマーカーを付与し、照明器5からの近赤外光をストロボ7A、7Bにより一定間隔で点滅させ、近赤外通過フィルタを装着した1台のカメラ4により順次その位置（フロント、サイド、トップ等の各位置）をずらして対象物の一連のゴルフスウィング動作（挙動）を撮像するものである。このとき、カメラ位置は特徴点マ-

ーカーが極力隠れてしまわないように選ぶことが望ましい。また、この近赤外反射マーカーは一般の蛍光灯照明下でも、これを付与した部分と付与しない部分とではカメラの入力信号レベルにかなりの差が生じるので、このことを利用してマーカー付与部分を抽出できるようにしている。さらに、プレーヤの後ろの壁には近赤外反射テープ10を放射状に貼り付け、上記マーカーの位置決め用として利用するようにしているが、これは必ずしも必要と言うわけではない。また、近赤外発光ストロボ7A、7Bも場合によっては省略しても差し支えない。

近赤外反射マーカーの代えて付与した部分と、そうでない部分との区別が明らかになるカラーマーカーを利用することもでき、そのためのカメラとしては対応するカラーフィルタを備えたものが用いられる。このとき、カラー濃淡信号（R、G、B各8ビット）の濃度による影響をなくすため、次式の如く色相信号に変換して用いても良い。

$$\text{色相 } R' = k_R R / (R + G + B)$$

$$\text{色相 } G' = k_G G / (R + G + B)$$

$$\text{色相 } B' = k_B B / (R + G + B)$$

（ただし、R、G、Bはカラー濃淡信号を示す。）

このようにすれば、各特徴点を一定色相周波数のスライスレベルにて切り出すことができる。色相周波数とスライスレベルの一例を第2図に示す。SL1、SL2がスライスレベルである。

マーカーの形状としては、点状または線状のものが考えられる。第3図に点状マーカーの例を、また第4図に線状マーカーの例を示す。ゴルフスウィングの場合の特徴点としては例えば人体に10数箇所、ゴルフクラブヘッドには1箇所程度とし、人体の各特徴点に第3図の如く点状マーカー21を付与するか、または第4図の如く線状マーカー22を付与する。線状のものは抽出後、細線化することにより特徴部分のベクトル化が可能である。

このような条件でゴルフの一連のスウィング動作（セットアップからフォロースルーまで）を撮像し、フレームメモリまたはVTR（Video

Tape Recorder）システムに動画として格納する。VTRシステムとしての例を第5図に示す。

これは、タイムコードを発生するタイムコードジェネレータ1A、画像信号を記憶するVTR1B、時間軸の補正を行なうタイムベースコレクタ1C、合成信号VBSからRGBのカラー信号を抽出するカラーデコーダ1DおよびVTRインタフェース1E等からなる公知のもので、この構成自体に特に意味はないので、詳細は省略する。ただし、各コマに基準の時刻信号となるタイムコードを挿入し、コンピュータ2によるコマの制御が可能ないようにしておくことが必要である。なお、同図の20は画像ファイルを示す。また、画像解析時に開始フレーム（開始時刻）を認識させるために、スウィングの通過ラインにタイミングセンサ6を配置しておき、このタイミングセンサ通過時刻の前後の一定フレームを画像解析の対象とする。

一連の撮像過程が終了すると、コンピュータに

よる画像解析過程に移行する。画像解析の対象は上記タイミングセンサの時刻を基準にした一定範囲の画像群であり、特徴点の切り出し（2値化）は、上記マーカーにより周囲の背景と輝度レベルに差があること、または色相周波数に差があることを利用して、各コマ毎に行なわれる。各コマには複数の特徴点が含まれるのが普通なので、各特徴点を区別するために各点に次のようなラベル付けをする。すなわち、人体の体格等により対象の動作パターンの範囲を想定した「動作モデル」をコンピュータ内に予め作成しておき、この動作モデルと上記の如く抽出された特徴点位置とを照合することにより、特徴点位置のラベル付けを行なう。モデルは各フレームにおいて、対象フォームの動作範囲を標準パターンとして持っており、また前のフレームの特徴点位置との相関関係をパターンとしてテーブル化したものである。

第6図に動作モデルとその特徴点位置データテーブルの例を示す。なお、同図（イ）は動作モデルで、丸印が特徴点のモデル位置を示す。また、

ドウの例を第7図に示す。符号23がウィンドウである。

その結果抽出された特徴点群は、各カメラ座標毎に第8A図に示すような特徴点ファイルにまとめられる。なお、検出出来ない特徴点（不可視特徴点）は第8B図に示す動作モデルの特徴点座標テーブルから、補間等の手法により推定するものとする。推定した点は第8A図ではあみかけにより示している。

次に、以上の如き特徴点ファイルをその抽出過程と交差する方向（時間軸方向）に操作することにより、特徴点単位での時間軸方向への並べなおし、および特徴点の連結ファイルの作成を行なう。そして、標準カメラ座標系での座標値ファイルを三次元の基準座標系に変換する。その概念を説明するのが第9図で、同図（イ）に示す格子状模型Mの各格子点に予めマークを付けておいてその各格子点を、基準となるカメラ4（基準カメラ）により計測しておくことにより、これから抽出される特徴点を三次元座標化するものである。なお、

同図（ロ）の直前特徴点とは特徴点番号が1つ前の特徴点を示し、直後特徴点とは特徴点番号が1つ後の特徴点を示すものとする。

こうして、最初のコマでラベル付けされた各特徴点は、以降のコマにおいて、上記動作モデルと照合することにより、各コマ間で対応する特徴点同士に同じラベルを付すことができる。つまり、最初のフレームで2値化により切り出された特徴点群に、上記動作モデルとの照合により動作モデルの特徴点ラベルと同じラベルが付けられる。以下、同様にして次のフレーム以降の画像における特徴点群が抽出されてラベル付けされ、最終のフレームまで処理したら終了する。このラベル付けに当たっては、各特徴点毎に色相周波数を変えることにより、特徴点が互いに変わる場合でも正確にラベル付けを行なうことが可能となる。また、各フレームの特徴点は時間の経過とともに移動するが、その移動範囲が動作モデルの計測によって予め分かるので、その範囲をウィンドウにより指定してラベル付けを行なうことができる。ウィン

同図（ロ）は基準カメラと三次元座標系との変換テーブルを示している。

変換された三次元座標群はグラフィックディスプレイ等の表示装置に与えられ、所要の表示が行なわれる。表示の方法は利用目的に応じて任意になされ、1つの特徴点軌跡のみの表示、特徴点と原画像との合成表示、練習フォームスティックビクチャと模範フォームスティックビクチャとの重ね合わせ表示、スティックビクチャの計測（位置、重心、移動方向など）など、多くの形態が考えられる。第10図にゴルフスウィングの場合のスティックビクチャ例を示す。

第11図はこの発明の他の実施例を示す概要図である。これは、複数（ここでは3台）のカメラ4A、4B、4Cにより互いに同期をとって複数方向から対象物の挙動を撮像する点で第1図と異なるが、その後の処理やマーカーの種類、形状等については第1図の考え方をそのまま適用することができるので、詳細は省略する。

〔発明の効果〕

この発明によれば、従来のものでは解析出来なかったか、または解析のためにかなり手間のかかるスポーツにおける動作解析等の動画像処理を比較的高速かつ正確に行なうことが可能になる。

4. 図面の簡単な説明

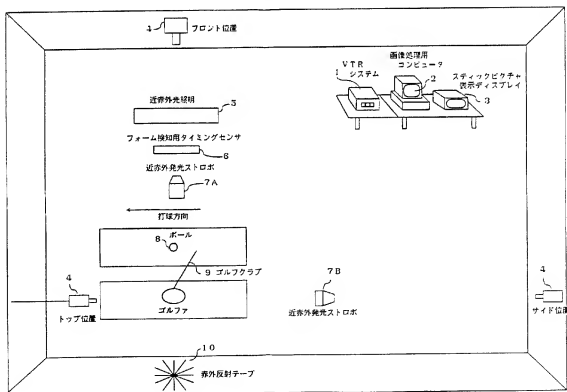
第1図はこの発明の実施例を示す概要図、第2図は色相周波数による特徴点の分離方法を説明するための説明図、第3図はゴルフスウィング解析のための点状マーカーの例を説明するための説明図、第4図は第3図とおなじく線状マーカーの例を説明するための説明図、第5図は公知のVTRシステムの一例を示すブロック図、第6図は動作モデルとその特徴点位置データテーブルを説明するための説明図、第7図は特徴点抽出用ウィンドウの例を説明するための説明図、第8A図および第8B図は特徴点ファイルおよび動作モデルの特徴点座標テーブルを説明するための説明図、第9図は基準カメラ座標系と基準の三次元座標系との変換の概念を説明するための説明図、第10図はスティックピクチャの例を説明するための説明図、

第11図はこの発明の他の実施例を示す概要図である。

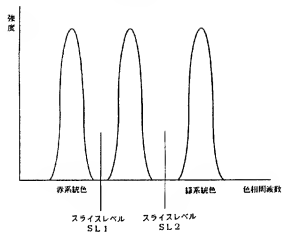
1…VTRシステム、1A…タイムコードジェネレータ、1B…VTR、1C…タイムベースレクタ、1D…カラーデコーダ、1E VTRインタフェース、2…コンピュータ、3…表示ディスプレイ、4、4A、4B、4C…テレビカメラ、5…近赤外光照明器、6…タイミグセンサ、7A、7B…ストロボ、8…ボール、9ゴルフクラブ、10…赤外反射テープ、20…画像ファイル、21…点状マーカー、22…線状マーカー、23…ウィンドウ。

代理人弁理士 松 崎 清

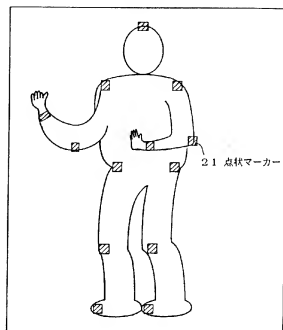
図1



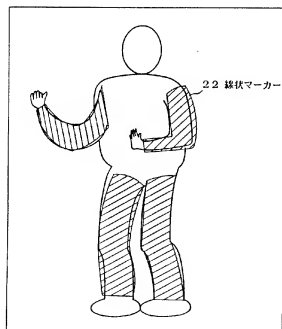
第2図



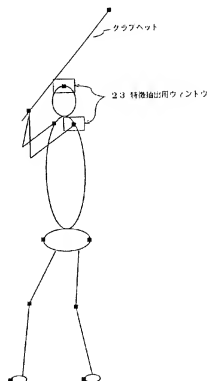
第3図



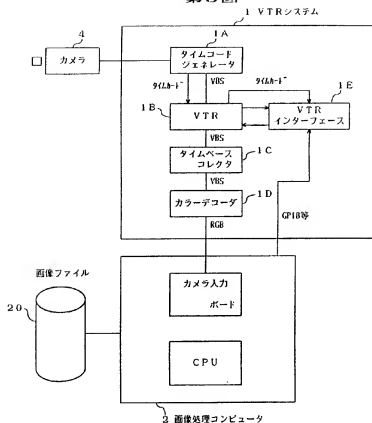
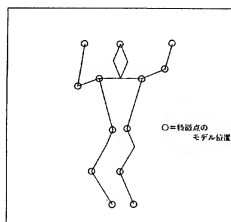
第4図



第5図



第5図

第6図
<イ>

<ロ>

特徴点番号	特徴点モデル位置座標	直前特徴点との位置偏差	直後特徴点との位置偏差
1			
2			
3			
$n-1$			
n			

第8A図

特徴点 フレーム番号 ラベル	特徴点 ラベル①	特徴点 ラベル②			特徴点 ラベルm
フレーム①	特徴点 座標	特徴点 座標	モデルか らの推定		特徴点 座標
フレーム②	特徴点 座標	モデルか らの推定	特徴点 座標		モデルか らの推定
フレーム③	特徴点 座標	モデルか らの推定	特徴点 座標		特徴点 座標
	モデルか らの推定	特徴点 座標	モデルか らの推定		特徴点 座標
	モデルか らの推定	モデルか らの推定	特徴点 座標		特徴点 座標
フレームn	特徴点 座標	特徴点 座標	特徴点 座標		特徴点 座標

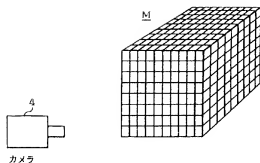
特徴点の連結及びステイクピクチャ座標列

第8B図

特徴点 フレーム番号 ラベル	特徴点 ラベル①	特徴点 ラベル②			特徴点 ラベルm
フレーム①	特徴点 座標	特徴点 座標	特徴点 座標		特徴点 座標
フレーム②	特徴点 座標	特徴点 座標	特徴点 座標		特徴点 座標
フレーム③	特徴点 座標	特徴点 座標	特徴点 座標		特徴点 座標
	特徴点 座標	特徴点 座標	特徴点 座標		特徴点 座標
	特徴点 座標	特徴点 座標	特徴点 座標		特徴点 座標
フレームn	特徴点 座標	特徴点 座標	特徴点 座標		特徴点 座標

第9図

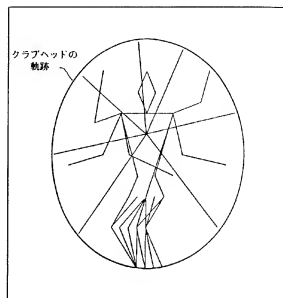
(イ)



(ロ)

格子点空間座標	カメラ

第10図



第11図

